

(11)Publication number : 05-093659

(43)Date of publication of application : 16.04.1993

(51)Int.Cl.

G01L 1/22

(21)Application number : 03-282663

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 29.10.1991

(72)Inventor :  
HIRAGA MASAHIRO  
HANDA HARUHIKO  
IKEDA MASAKI  
YOSHIDA AKIHIKO  
WATANABE YOSHIHIRO  
KAWAMURA MASAHIRO

(30)Priority

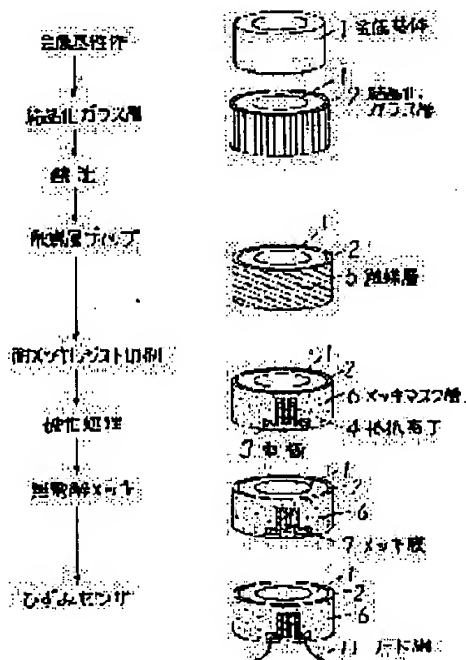
Priority number : 02292403	Priority date : 29.10.1990	Priority country : JP
03 52129	18.03.1991	JP
03 50993	15.03.1991	JP
03199406	08.08.1991	JP

(54) DISTORTION SENSOR AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a high quality distortion sensor excellent in durability.

CONSTITUTION: A distortion sensor comprises a metal base 1, a glass layer 2 made of a crystallized glass material formed on the surface of the metal base and a resistor element 4 which is formed on the surface of the glass layer and whose electric resistance changes when a distortion is applied. Therefore even if the sensor is used under severe environmental conditions, there will be no peeling between the metal base and the crystallized glass layer. Further since the glass layer contains numberless small bubbles the bubbles serve as a buffer against mechanical impact. Thus it can resist strong mechanical impact.



Japanese Laid-Open Patent Publication No. 5-93659/1993

(Tokukaihei 5-93659)

(Published on April 16, 1993)

(A) Relevance to claim

The following is a translation of passages related to claims 6 and 11 of the present invention.

(B) Translation of the relevant passages.

[0004] ... This propagated distortion causes a small variation in the cross-sectional area of the resistor element and hence in the electrical resistance of the resistor element. The magnitude of the distortion becomes measurable by detecting the variation in the electrical resistance as an electrical signal. The magnitude of the stress and load acting on the member is measurable from the magnitude of the distortion.

[0009]

[Means to Solve the Problems] ... a change in the distortion that develops on the surface of the glass layer causes a change in electrical resistance. ...

[0070] ... the distortion is transduced to a variation in resistance by a resistor element on the glass layer and thus becomes detectable as an electrical signal. ...

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-93659

(43)公開日 平成5年(1993)4月16日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 L 1/22

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 8505-2F

審査請求 未請求 請求項の数11(全 14 頁)

(21)出願番号 特願平3-282663

(22)出願日 平成3年(1991)10月29日

(31)優先権主張番号 特願平2-292403

(32)優先日 平2(1990)10月29日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平3-52129

(32)優先日 平3(1991)3月18日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平3-50933

(32)優先日 平3(1991)3月15日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 平賀 将浩

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 半田 晴彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 池田 正樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小銀治 明 (外2名)

最終頁に続く

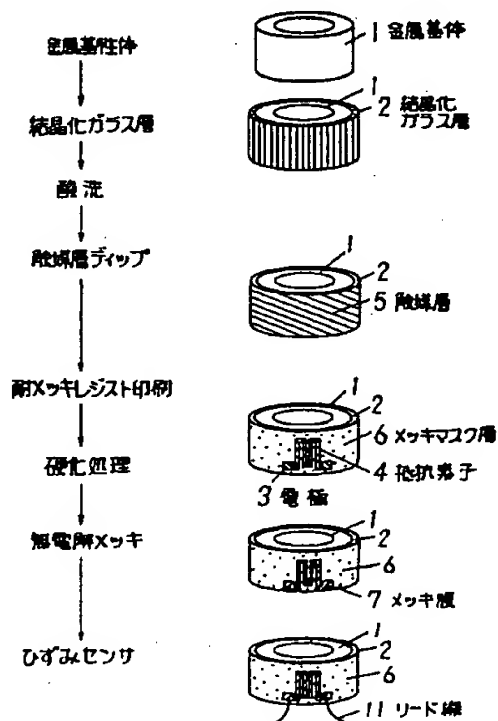
(54)【発明の名称】 ひずみセンサおよびその製造法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 よって、本発明は、高品質で耐久性に優れたひずみセンサを提供することを目的とする。

【構成】 本発明のひずみセンサは、金属基体1と、その金属基体の表面に形成された結晶化ガラス材料からなるガラス層2と、そのガラス層の表面に形成された、ひずみが加わると電気抵抗が変化する抵抗素子4とからなることを特徴とする。

【効果】 過酷な環境条件下で使用しても、金属基体と結晶化ガラス層と間で剥離するようなことはない。さらに、ガラス層は、その内部に無数の小さな泡を有しているため、その泡が機械的衝撃に対する緩衝材の役割を果たす。このため、強い機械的衝撃に対しても耐えることができる。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】金属基体と、その金属基体の表面に形成された結晶化ガラス材料からなるガラス層と、そのガラス層の表面に形成されたひずみの変化により電気抵抗が変化する抵抗素子とからなるひずみセンサ。

【請求項2】金属基体が円筒体であり、ガラス層が前記円筒体の外側側面に形成された請求項1記載のひずみセンサ。

【請求項3】金属基体が板状体であり、ガラス層が前記板状体の少なくとも一方の主平面に形成された請求項1記載のひずみセンサ。

【請求項4】結晶化ガラス材料の組成が、 $MgO$ が16-50重量%、 $SiO_2$ が7-30重量%、 $B_2O_3$ が5-34重量%、 $BaO$ が0-50重量%、 $La_2O_3$ が0-40重量%、 $CaO$ が0-20重量%、 $P_2O_5$ が0-5重量%、 $MO_3$ が0-5重量%（但し、 $M$ はZr、Ti、Snのうち少なくとも一種の元素）からなる請求項1記載のひずみセンサ。

【請求項5】金属基体と、その金属基体の表面に形成された結晶化ガラス材料からなるガラス層と、そのガラス層の表面に形成されたひずみの変化により電気抵抗が変化する抵抗素子とからなり、前記ガラス層を、前記金属基体の表面にガラス粒子を電気泳動電着し焼成して形成したことを特徴とするひずみセンサの製造法。

【請求項6】金属基体と、その金属基体の表面に形成された結晶化ガラス材料からなるガラス層と、そのガラス層の表面に形成されたひずみの変化により電気抵抗が変化する抵抗素子とからなり、前記抵抗素子が、その抵抗素子の必須構成元素を含むペーストを印刷した後焼成して形成したことを特徴とするひずみセンサの製造法。

【請求項7】ペーストの主成分が、酸化ルテニウムおよびガラスフリットからなる請求項6記載のひずみセンサの製造法。

【請求項8】ペーストの主成分が、前記抵抗素子の必須構成元素を含む有機金属化合物からなる請求項6記載のひずみセンサの製造法。

【請求項9】金属基体と、その金属基体の表面に形成された結晶化ガラス材料からなるガラス層と、そのガラス層の表面に形成されたひずみの変化により電気抵抗が変化する抵抗素子とからなり、前記抵抗素子を実電解メッキにより形成したひずみセンサの製造法。

【請求項10】抵抗素子が、前記ガラス層の表面に形成した触媒層の表面に形成された請求項9記載のひずみセンサ。

【請求項11】抵抗素子が、片面に有機樹脂を塗布した抵抗素子をガラス層の表面に前記有機樹脂を介して設置した後焼成して形成したことを特徴とするひずみセンサの製造法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ひずみの変化により電

気抵抗が変化する現象を有する抵抗素子を用いたひずみセンサに関する。

##### 【0002】

【従来の技術】近年、ひずみセンサは、機械、船舶、自動車等の各部に生じる応力や荷重の大きさを検出するために広く用いられている。このひずみセンサには、その代表的なものとして、ポリエステル、エポキシ、ポリイミド等の樹脂からなるフィルム上に、Cu-Ni合金、Ni-Cr合金等からなる薄膜状の抵抗素子を蒸着またはスパッタリングにより形成した構成のものが知られている。また、特公平3-20682号公報に開示されているように、上記の樹脂製フィルムの代りにガラスプレートを用いたひずみセンサもある。

【0003】このようなひずみセンサの使用法は、通常、応力や荷重の大きさを測定しようとする部材の表面にひずみセンサの樹脂製フィルムをシアノアクリレート系の接着樹脂で貼り付けて使用する。また、ガラスプレートを貼り付ける場合は、ガラスプレートを部材に溶着させて使用する。

【0004】応力や荷重の大きさは、次のようにして測定される。すなわち、外部からの力や荷重により発生した部材のひずみが、樹脂製フィルムまたはガラスプレートを介して抵抗素子に伝わる。この伝達されたひずみにより、抵抗素子の断面積がわずかに変化し、その抵抗素子の電気抵抗値が変化する。この電気抵抗値の変化の電気信号として検出することにより、ひずみの大きさが測定でき、このひずみの大きさから部材に加わった応力や荷重力の大きさが測定できる。

【0005】ところで、ひずみセンサの市場が大きい用途の1つとして、自動車等に使用される車両用サスペンションがある。車両用サスペンションの場合は、例えばそのシャフトの表面にひずみセンサを接着樹脂等で貼り付け、このひずみセンサにより、車体が車輪に加わる荷重が検出される。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、車両用サスペンションのように、温度範囲が-50℃から150℃、最大荷重が2トンにも達するといった過酷な環境条件下で長期間使用したとき、接着強度が劣下してひずみセンサが部材から剥離する問題がある。特に、ひずみセンサのガラスプレートをシャフトのような曲面を有する部材に溶着した場合は、ガラスプレートは密着性が乏しいため強固な接着が難しく剥離し易い。

【0007】したがって、上記のような過酷な環境条件下で長期間使用しても剥離しない高品質で耐久性に優れたひずみセンサの出現が要望されていた。

【0008】本発明は上記従来技術をの課題を解決し、高品質で耐久性に優れたひずみセンサを提供することを目的とする。

##### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明のひずみセンサは、金属基体と、その表面に形成された結晶化ガラス層と、そのガラス層の表面に形成されたひずみの変化により電気抵抗が変化する抵抗素子とからなることを特徴としている。

【0010】

【作用】この構成により、高温における焼成により形成された結晶化ガラス層を用いているために金属基体の成分とガラス層の成分とがその境界面で相互に拡散し、両者の接合が非常に強固なものとなる。したがって、高温、高荷重における過酷な環境条件下で使用しても、金属基体とガラス層との間で剥離することがない。

【0011】

【実施例】以下、本発明のひずみセンサについて具体的に説明する。

【0012】(1) 金属基体

本発明に使用される金属基体はホーロ用鋼、ステンレス鋼、珪素鋼、ニッケル-クロム-鉄、ニッケル-鉄、コバルト、インバーなどの各種合金材やそれらのクラッド材などが選択される。特に、本発明において使用される金属材料は、ガラス層との膨張率を整合させる必要があることから、膨張率 $100\sim140\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ のステンレス鋼が好ましい。

【0013】金属基体の材質が決定されれば、所望の形状加工、穴加工等が通常の機械加工、エッチング加工、レーザ加工等で施される。その形状は、負荷荷重の大きさや用途により、円筒形や板状（箔状も含む）等が選択される。

【0014】これら金属基体はガラス層の密着性を向上させる目的で、表面脱脂された後、ニッケル、コバルトなどの各種メッキを施したり、熱酸処理によって酸化被覆層を形成したりする。

【0015】(2) ガラス層

本発明に用いられるガラス層には、電気絶縁性、耐熱性の観点から、無アルカル結晶化ガラス（焼成によって、たとえば、 $\text{MgO}$ 系の結晶相を析出）で構成されるほうが好ましい。そのガラス組成は、特に、 $\text{MgO}$ が $16\sim50$ 重量%、 $\text{SiO}_2$ が $7\sim30$ 重量%、 $\text{B}_2\text{O}_3$ が $5\sim34$ 重量%、 $\text{BaO}$ が $0\sim50$ 重量%、 $\text{La}_2\text{O}_3$ が $0\sim40$ 重量%、 $\text{CaO}$ が $0\sim20$ 重量%、 $\text{P}_2\text{O}_5$ が $0\sim5$ 重量%、 $\text{MO}_2$ が $0\sim5$ 重量%（但し、 $\text{M}$ は $\text{Zr}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Sn}$ のうち少なくとも一種の元素）からなるとき、より好ましい。

【0016】このように、結晶化ガラス材料が選択される理由の1つは、金属基体とガラス層との密着性を強固にするためである。特に、上記の組成のものは、密着性が非常に強固である。

【0017】上記結晶化ガラス層を金属基体上に被覆する方法として、通常のスプレー法、粉末静電塗装法、電気泳動電着法等がある。被膜の密着性、電気絶縁性等の観点から、電気泳動電着法が、最も好ましい。

【0018】この方法は、ガラスとアルコールおよび少量の水を入れてボールミル中で約20時間粉碎、混合し、ガラスの平均粒径を $1\sim5\mu\text{m}$ 程度にする。得られたスラリーを電解槽に入れて、液を循環する。そして、金属基体を、このスラリー中に浸漬し、 $100\sim400\text{V}$ で陰分極させることにより、金属基体表面にガラス粒子を析出させる。これを乾燥後、 $850\sim900^{\circ}\text{C}$ で10分～1時間焼成する。これによって、ガラスの微粒子が熔融すると共に、ガラスの成分と金属材料の成分が、十分に相互拡散するためガラス層と金属基体との強固な密着が得られる。

【0019】なお、焼成は常温から徐々に昇温して上記温度に到達させるほうが微細針状結晶が無数に析出するため後述のアンカー効果の働きがより向上し、抵抗素子との密着性向上に効果があり、より好ましい。

【0020】結晶化ガラス材料が選択されるもう1つの理由に、ガラス層の耐熱温度を高くするためである。すなわち、ガラス層に抵抗素子を焼成法で形成するとき、高温で焼成するのでガラス層の耐熱温度は少なくとも $900^{\circ}\text{C}$ 以上必要である。本発明のガラスが非晶質の時の耐熱温度は $650^{\circ}\text{C}$ 程度であるが、結晶化させることによって耐熱温度が $900^{\circ}\text{C}$ 以上（ $900^{\circ}\text{C}$ でもガラスが流動しないので、 $850^{\circ}\text{C}$ で抵抗素子を焼成しても問題ない）になる。それに対して一般の非晶質ガラスは、再加熱しても結晶化しないので耐熱性（約 $600^{\circ}\text{C}$ 以上でガラスが流動するので、抵抗素子を $600^{\circ}\text{C}$ 以上で焼成するとガラスと反応する）は向上しない。

【0021】(3) 抵抗素子

抵抗素子用の材料としては、 $\text{Cu-Ni}$ 合金、 $\text{Ni-Cr}$ 合金、酸化ルテニウム等の種々のひずみ変化によって電気抵抗が変化する性質を有する抵抗材料が使用される。

【0022】本発明のひずみセンサにおける抵抗素子の形成法としては、以下に述べる印刷法、メッキ法、転写法が好ましい。

【0023】印刷法で抵抗素子を形成する方法は、有機金属化合物を出発原料とし、それを主成分とするペーストを作成してガラス層の表面に印刷し、さらに、その熱分解により抵抗素子成分元素の金属および合金膜を形成する。抵抗素子成分元素として、ニッケル、クロム、銅、鉄、ルテニウムからなる群から選択された有機金属化合物で、その他形成添加剤として $\text{Bi}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Sb}$ からなる熱分解有機化合物を少なくとも2種以上を添加する。この構成のものは、従来の厚膜技術で薄膜並の膜厚を得ることができる。

【0024】もう1つの印刷法で抵抗素子を形成する方法は、酸化ルテニウムおよびガラスフリットを主成分とするペーストをガラス層に印刷し、その後焼成する方法である。このペーストの成分には、主成分の酸化ルテニウムおよびガラスフリット（ホウケイ酸系ガラス等）のほか、フィラー（ $\text{ZrO}_2$ 等）、酸化ビスマス、エチルセルロース、ブチルカルビトールアセテート（テルビ

ネオールでもよい)等が含まれている。

【0025】メッキ法で抵抗素子を形成する場合は、ひずみ感度、抵抗温度係数等の点を考慮するとCu-Ni-P、Ni-Cr-P、Ni-Fe-P系の合金メッキ膜が選択される。

【0026】上述のメッキ膜を荷重センサ用の抵抗素子とするためには微細パターン化する必要がある。その方法としては、全面にメッキ膜を形成した後に、1)レーザで所定のパターンにカット方法、あるいは2)ホトリソグラフィによって余分な部分を取り除いて形成する方法等がある。しかしながら、これらの方法では曲面部分に微細パターンを形成することは非常に困難であった。

【0027】この解決方法としてメッキ液に対して化学耐久性に優れた耐メッキレジストをメッキ膜形成部分以

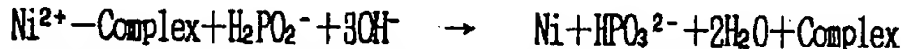
外に印刷、硬化処理し、その後、無電解メッキ法によって微細パターンの抵抗素子を形成する方法がよい。この方法を用いる場合は強酸、強アルカリの高温メッキ液(80℃~95℃)に耐え、かつ、印刷性が良好で、硬化時間の短い耐メッキレジストが必要不可欠であり、例えば、その材料は紫外線(Ultra Violet)硬化型のアクリル系樹脂が好ましい。

【0028】無電解メッキ法が本発明に適する理由は次の通りである。メッキ液中には金属錯体と、還元剤(次亜リン酸等)が含まれている。この還元剤が酸化されることにより放出される電子が、錯体の金属イオンを被メッキ物上に金属として析出させるもので、その概略の反応は(数1)のようになる。例えばNiを例にすると

【0029】

【数1】

触媒



【0030】被メッキ物が金属の場合は、浸漬初期の段階で、溶液中の金属イオンと被メッキ物との置換が優先し、その後に還元反応が起こり、以後析出した金属が自己触媒的働きをしてスムーズに還元が進む。これに対して被メッキ物が絶縁物の場合は、反応の核となるものが無いので、絶縁物上にSn(塩化すず)とPd(塩化パラジウム)のイオンを吸着させて、その上で還元反応を起こさせる。その後は析出した金属が自己触媒的働きをし、順次反応が進んで行く。

【0031】本発明の結晶化ガラスは、表面に微小の針状結晶があるため、多孔体でありその上でメッキを行うと還元反応がガラスの内部から始まるのでメッキ層のアンカー効果が働きメッキ層とガラスとの密着強度が強くなる。

【0032】それに対して、一般の非晶質ガラスやプラスチックなどの表面は非常に滑らかであるためアンカー効果は働かずメッキ層の密着性は悪くなる。

【0033】なお、無電解メッキ法で抵抗素子を形成する場合、ガラス層の表面にスズ、パラジウム等からなる触媒層を形成し、その触媒層の表面に抵抗素子を形成するとアンカー効果の働きがより強くなってガラス層と抵抗素子との間の密着強度がより強くなる。

【0034】転写法で抵抗素子を形成する場合は、その抵抗素子の材料としてはCu-Ni合金またはNi-Cr合金の箔が好ましい。この場合は、まず前記箔の一方の面に有機樹脂を印刷し、次にその他方の面にレジストを塗布した後エッチングして所定のパターンを有する抵抗素子を作成し、さらにこの抵抗素子を前記有機樹脂を介して金属基体のガラス層の表面に設置し、その後焼成して抵抗素子を形成する。

【0035】前記有機樹脂の役割は、抵抗素子のパターンを形成する際に必要な合金箔の固定に用いるもので、

それをガラス層の表面に設置した後は、この有機樹脂は焼成時に除去される。したがって、この有機樹脂は、燃焼性に富み、かつガラス層や合金箔に対して悪影響を及ぼさないものでなければならない。アクリル樹脂、塩化ビニール樹脂がその例である。

【0036】アクリル樹脂としては、ポリメタクリル酸エステルやポリアクリル酸エステルを用いる。また、塩化ビニールとアクリル酸エステルの共重合体も用いられる。

【0037】これらの樹脂は、ポリエステルやポリイミドあるいはエポキシ樹脂といった通常プリント基板に用いられているものに比べ、熱収縮が小さく、燃焼性に富んでいるので、合金箔の回路パターンを高精度に、ガラス層上へ形成させることができる。

【0038】上記の樹脂は適当な溶剤に溶解され、粘度を調整し、スプレーまたは印刷法で合金箔に被覆する。あるいは、これらの樹脂の膜を用いて合金箔とラミネートする。

【0039】上述の印刷法、メッキ法および転写法の抵抗素子形成法は、円筒状の金属基体の側面に形成したガラス層表面のような曲面上でも容易に抵抗素子を形成することができる。また、これらの形成法は、安価でかつ量産性に富む。

【0040】次に、具体的な実施例について説明する。

(実施例1) 前述のガラス層被覆工程に従い、SUS430基体(100mm×100mm×0.5mm)の表面に、厚さ100μmの

(表1)~(表5)に示す組成の結晶化ガラス層を電気泳動電着し、880℃で10分焼成しサンプルの表面粗度、うねり性、耐熱性等の諸特性を調べた。その結果を組成とともに(表1)~(表5)に示している。

【0041】なお、表面粗度はタリサーフ表面粗さ計で測定し、表面中心線平均粗さRaで示し、うねり性はタリ

サーフ表面粗さ計で得られた山と谷の差 $R_{max}$ で表わした。

【0042】耐熱性は、サンプルを850℃の電気炉中に10分入れ、炉から取り出し30分間、自然放冷するサイクルを繰り返すスポーリングテストを行って、サンプルのクラックや剥離の状態を調べた。なお、クラックは赤インク中に浸漬し、その後、表面を拭き取って、目視観察によって、その有無を調べた。表中の○、△、×は、○が10サイクル以上行っても、異常が認められないもの、△は5～9サイクルで発生したもの、×は4サイクル以下で発生したものを示す。

【0043】密着性は、基体の曲げ試験を行い、ガラス層が剥離して金属部が露出したものを×、金属部が一部だけ露出したものを△、金属部が露出していないものを○とした。

【0044】以上の評価にもとずき総合評価を行い、その結果を○、△、×で示した。No1～8は他の成分を一定として、 $SiO_2$ と $B_2O_3$ を変化させたもの、No9～15は、 $SiO_2/B_2O_3$ をほぼ一定にし、 $MgO$ 量を変化させたもの、No16～19は同じく、 $CaO$ 量を変化させたもの。No20～24は、同じく、 $BaO$ 量を変化させたもの。No25～29は、同じく $La_2O_3$ 量を変化させたもの。No30～42はそれぞれ、Z

$rO_2$ 、 $TiO_2$ 、 $SnO_2$ 、 $P_2O_5$ 、 $ZnO$ の影響を示す。

【0045】表から明らかなように、 $SiO_2$ を増加していけば、耐熱性は向上するが、表面性、および密着性が悪くなる。逆に、 $B_2O_3$ 量を増加していけば、たしかに表面性、密着性は向上するが耐熱性は低下する。したがって、本発明では、 $SiO_2$  7～30重量%、 $B_2O_3$  5～34重量%の範囲内が好ましい。

【0046】 $MgO$ 量は結晶性と相関があり、16重量%以下では結晶析出が不十分で、耐熱性に劣る。また、50重量%以上では、結晶が析出しやすく、ガラス熔融時に簡単に結晶化し、均質なガラスを得ることが難しく、また、表面粗度が大きくなる。

【0047】 $CaO$ 量は、20重量%以上入れると、表面性が悪くなり好ましくない。 $BaO$ 量は、50重量%以上では、耐熱性、および密着性が劣化し好ましくない。

【0048】 $La_2O_3$ は、40重量%以上では、耐熱性が劣化し好ましくない。その他の添加可能な成分は $ZrO_2$ 、 $TiO_2$ 、 $SnO_2$ 、 $P_2O_5$ 、 $ZnO$ などが挙げられるが、5重量%以下までなら添加可能である。

【0049】

【表1】

組成番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9
組成 重量 %	MgO	39	39	39	39	39	39	39	39	10
	BaO	12	12	12	12	12	12	12	12	10
	CaO	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	$La_2O_3$	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	$B_2O_3$	0	5	10	15	25	30	31	33	46
	$SiO_2$	38	33	28	23	13	8	7	5	23
	$ZrO_2$	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	$TiO_2$									
	$SnO_2$									
	$P_2O_5$	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ZnO									
$SiO_2/B_2O_3$		∞	8.6	2.8	1.53	0.52	0.27	0.22	0.15	0.50
表面粗度 $\mu m$		0.6	0.5	0.46	0.38	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09
うねり性 $\mu m$		5.2	3.3	3.2	2.5	0.5	1.0	1.0	0.9	1.2
耐熱性		○	○	○	○	○	○	○	×	×
密着性		○	○	○	○	○	○	○	○	○
総合評価		×	○	○	○	○	○	○	×	×

【0050】

【表2】



組成番号		10	11	12	13	14	15	16	17	18
組成重量%	MgO	10	20	29	40	50	55	40	40	40
	BaO	10	10	10	10	10	10	5	5	5
	CaO	3	3	3	3	3	3		10	20
	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42	39	33	26	19	16	31	25	18
	SiO <sub>2</sub>	21	20	17	13	10	8	16	12	9
	ZrO <sub>2</sub>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	TiO <sub>2</sub>									
	SnO <sub>2</sub>									
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ZnO									
SiO <sub>2</sub> /B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.50	0.51	0.52	0.5	0.53	0.5	0.52	0.48	0.5
表面粗度 $\mu\text{m}$		0.08	0.07	0.05	0.07	0.10	0.18	0.08	0.05	0.09
うねり性 $\mu\text{m}$		1.1	0.5	0.9	0.5	0.8	1.5	0.2	0.6	0.9
耐熱性		○	○	○	○	○	○	○	○	○
密着性		○	○	○	○	○	△	○	○	○
総合評価		○	○	○	○	○	×	○	○	○

【0051】

【表3】

組成番号		19	20	21	22	23	24	25	26	27
組成重量%	MgO	40	20	20	20	20	20	30	30	30
	BaO	5		20	40	50	60	5	5	5
	CaO	25	2	2	2	2	2	2	2	2
	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5	5	5	5	5		10	30
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15	47	33	20	13	7	40	33	20
	SiO <sub>2</sub>	7	23	17	10	7	3	20	17	10
	ZrO <sub>2</sub>	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	TiO <sub>2</sub>									
	SnO <sub>2</sub>									
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ZnO									
SiO <sub>2</sub> /B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.47	0.49	0.52	0.5	0.54	0.43	0.5	0.52	0.5
表面粗度μm		0.14	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.10	0.08	0.08
うねり性μm		1.5	0.9	0.6	0.6	0.5	0.5	1.1	0.9	0.9
耐熱性		○	○	○	○	△	×	○	○	○
密着性		△	○	○	○	△	△	○	○	○
総合評価		×	○	○	○	△	×	○	○	○

【0052】

【表4】

組成番号		28	29	30	31	32	33	34	35	36
組成重量%	MgO	30	30	40	40	40	40	40	40	40
	BaO	5	5	10	10	10	10	10	10	10
	CaO	2	2	3	3	3	3	3	3	3
	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	45	5	5	5	5	5	5	5
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13	7	27	24	23	27	24	23	27
	SiO <sub>2</sub>	7	3	14	12	11	14	12	11	14
	ZrO <sub>2</sub>	2	2		5	7				
	TiO <sub>2</sub>									
	SnO <sub>2</sub>							5	7	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ZnO									
SiO <sub>2</sub> /B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.54	0.43	0.52	0.5	0.49	0.52	0.5	0.49	0.52
表面粗度 $\mu\text{m}$		0.07	0.06	0.05	0.08	0.12	0.05	0.08	0.13	0.05
うねり性 $\mu\text{m}$		0.9	0.8	0.5	0.9	1.5	0.5	1.0	1.6	0.6
耐熱性		△	×	○	○	○	○	○	○	○
密着性		○	○	○	○	○	○	○	○	○
総合評価		△	×	○	○	×	○	○	×	○

【0053】

【表5】

組成番号		37	38	39	40	41	42
組 成 重 量 %	MgO	40	40	40	40	40	40
	BaO	10	10	10	10	10	10
	CaO	3	3	3	3	3	3
	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5	5	5	5	5
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24	23	28	24	23	27
	SiO <sub>2</sub>	12	11	14	12	11	14
	ZrO <sub>2</sub>						
	TiO <sub>2</sub>						
	SnO <sub>2</sub>	5	7				
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	1	1	1	1	1
	ZnO				5	7	
	SiO <sub>2</sub> /B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5	0.49	0.5	0.5	0.49	0.52
表面粗度 $\mu\text{m}$		0.09	0.12	0.06	0.08	0.13	0.05
うねり性 $\mu\text{m}$		0.9	1.6	0.7	1.0	1.6	0.6
耐熱性		○	○	○	○	○	○
密着性		○	○	○	○	○	○
総合評価		○	×	○	○	×	○

【0054】（実施例2）図1の製造工程図に基づいて印刷法で抵抗素子を形成したひずみセンサについて説明する。外形20φmm、厚さ2mmの円筒金属基体1を脱脂・水洗・酸洗・水洗・ニッケルメッキ・水洗して前処理を行った後、（表1）の組成のNo7ガラス粒子からなるスラリー中に浸漬して、対極と円筒金属間に直流電圧を印加して、円筒金属基体の側面上に被覆し、常温から880℃まで4時間かけて昇温し、さらにこの温度で10分間保持する焼成を行ない880℃で10分間焼成して結晶化ガラス層2を形成した。次に、結晶化ガラス層2の表面にAg-Pdペーストをスクリーン印刷法でパターン印刷し、850℃で焼成して電極3を形成した。この電極間にCuとNiそれぞれの有機金属化合物のペーストを所定のパターンに印刷し、830℃で焼成して、Cu-Ni合金の抵抗素子4を形成して、ひずみセンサとした。なお、図1における符号11は電極3に取り付けたリード線である。

【0055】（実施例3）実施例2とは、抵抗素子を形成するためのペーストのみを除いて、他は実施例2と同一の材料および作成法でひずみセンサを作成した。本実施例では、酸化ルテニウムとガラスフリットを主成分とするペーストを用いた。

【0056】（実施例4）図2の製造工程図に基づいてメッキ法で抵抗素子を形成したひずみセンサについて説明する。外形20φmm、厚さ2mmの円筒金属基体1を脱脂・水洗・酸洗・水洗・ニッケルメッキ・水洗して前処理

を行った後、（表1）の組成のNo7ガラス粒子からなるスラリー中に浸漬して、対極と円筒金属間に直流電圧を印加して、円筒金属の側面上に被覆し、880℃で10分間焼成して結晶化ガラス層2を形成した。次に、結晶化ガラス層2を被覆した円筒金属基体を酸洗し、次いで、塩化スズ液、塩化パラジウム液に浸漬して、結晶化ガラス層2の表面にスズ、パラジウムの触媒層5を吸着させる。その後、その上にメッキ膜被覆部分以外に耐メッキレジスト剤を曲面印刷し、UV硬化して耐メッキレジスト膜6（メッキマスク層）とし、次ぎにCu-Ni-Pのメッキ液に浸漬して液温70～80℃で無電解メッキを行い、レジスト膜の被覆されていない部分にメッキ膜7を形成して、ひずみセンサとした。

【0057】（実施例5）図3の製造工程図に基づいて転写法で抵抗素子を形成したひずみセンサについて説明する。外形20φmm、厚さ2mmの円筒金属基体1を脱脂・水洗・酸洗・水洗・ニッケルメッキ・水洗して前処理を行った後、（表1）のNo7ガラスを円筒金属基体の側面上に電気泳動電着法で被覆し、740℃で10分間焼成して結晶化ガラス層2を形成した。

【0058】そして、抵抗素子8を形成するための厚さ10μmのCu-Ni合金箔の片面にアクリル樹脂の有機溶剤溶液を印刷法により塗布し100℃で乾燥させた。さらに、抵抗素子8用の合金箔の一方の片面にも同様の有機溶剤溶液を所定の回路パターン通りに印刷塗布して100

て乾燥させた後、この合金箔をエッチングして所定の形状の回路パターンの抵抗素子8を得る。これらの抵抗素子8のパターンを有する樹脂フィルムを抵抗素子8がガラス層と接するように設置し、740℃で10分間不活性雰囲気保持した後、常温から880℃まで昇温してこの温度で10分間保持して焼成し、ガラス層中に抵抗素子8のパターンを融着させてひずみセンサを形成した。（実施例6）図4に示したように厚さ100μmのステンレス箔からなる板状の第1の金属基体9を脱脂・水洗・酸洗・水洗・ニッケルメッキ・水洗して前処理を行った後、（表1）のNo7組成のガラスをステンレス箔の片面の一部分に電気泳動電着法で被覆し、常温から880℃まで昇温してこの温度で焼成して結晶化ガラス層2を形成した。

【0059】さらにこの上にCu-Ni-Pの抵抗素子10を実施例4と同様な方法で形成し、箔状のひずみセンサとした。この箔状ひずみセンサを脱脂・水洗を行なった外形φ20mm、厚さ2mmの円筒状の第2の金属基体1にスポット溶接で取り付けた。

【0060】（比較例1）図5に示した外形φ20mm、厚さ2mmの円筒金属基体1を脱脂・水洗を行った後、ポリイミドの樹脂フィルム12上にCu-Niの抵抗素子13を設けた従来のひずみセンサを上記円筒金属基体1の側面上にシアノアクリレート系接着剤で取り付けた。

【0061】（比較例2）図6に示した外形φ20mm、厚さ2mmの円筒金属基体1を脱脂・水洗・酸洗・水洗・ニッケルメッキ・水洗して前処理を行った後、カリ石灰ガラス（松浪硝子工業製コード番号0030、膨張係数： $111 \times 10^{-6}$ ）のガラスプレート14（厚さ：150μm）を金属基体1上に載せ、焼成して一部分だけをガラスで被覆した。さらに、この上に転写法でCu-Niの抵抗素子15を設けてひずみセンサとした。

【0062】上述の実施例2～5の円筒状のひずみセンサ、実施例6の箔状のひずみセンサを円筒状の金属基体に溶接したもの、比較例1のひずみセンサを円筒状の金属基体に接着したもの、および比較例2の円筒状のひずみセンサについて、荷重負荷試験を行ない、円筒状の金属基体または箔からガラス層、シアノアクリレート接着層またはガラスプレート層が何回の荷重負荷回数で剥離するかを試験した。なお、荷重負荷試験はひずみセンサの表面温度を200℃に保持した状態円筒状の金属基体にその円筒軸方向に1トンの圧力を1分間加えることを繰り返す方法で行なった。

【0063】その結果を（表6）に示す。これから明らかなように、実施例2～6の本発明のものは、10<sup>7</sup>回の荷重負荷を繰り返しても剥離現象は起らず、高温高荷重の過酷な環境条件下で使用可能な極めて耐久性に優れたひずみセンサであることが明らかになった。

【0064】

【表6】

	剥離回数
実施例2	10 <sup>7</sup> 回剥離せず
実施例3	10 <sup>7</sup> 回剥離せず
実施例4	10 <sup>7</sup> 回剥離せず
実施例5	10 <sup>7</sup> 回剥離せず
実施例6	10 <sup>7</sup> 回剥離せず
比較例1	125回
比較例2	1500回

【0065】さらに、実施例2～6の本発明のひずみセンサについて、荷重負荷試験前および10<sup>7</sup>回荷重負荷を加えた試験後の電気抵抗をそれぞれ抵抗測定器を用いて測定した結果、試験前後で電気抵抗値の相違は認められず、極めて高品質のものであった。

【0066】なお、実施例6では金属基体が板状の例として厚みが100μmの箔の例を示したが、ひずみセンサを使用するときの荷重負荷の大きさ等によってこの厚みに適切に選択するものである。したがって、本発明のひずみセンサに用いる板状の金属基体の厚みは、箔よりも厚い、いわゆる薄板状であってもよい。

【0067】また、本発明の諸実施例では、ひずみ検出用の素子としていずれも抵抗素子の例を示したが、本発明のひずみセンサの構成は抵抗素子の代りにひずみ変化によって電気容量が変化する容量素子に置き換えることができるものである。この場合の容量素子用材料としては、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>やTiO<sub>2</sub>等が適している。

【0068】次に、本発明のひずみセンサの応用例の一例として、実施例4のひずみセンサを車両用サスペンションに適用した例を図7により説明する。図7において、18は車体、19はショックアブソーバのネジ部、28はショックアブソーバの小径部、27はショックアブソーバの中径部、26はショックアブソーバの大径部であり、ショックアブソーバの中径部27とショックアブソーバの小径部28の段差とショックアブソーバのネジ部19のナット20により車体18を挟み込む構造で固定されている。

【0069】このときナット20と車体18の間にはワッシャ21とバンバラバー22が挟まれ、ショックアブソーバの中径部29とショックアブソーバの小径部28の段差と車体18の間にはバンバラバー29のストッパー24とひずみセンサ17が挟まれている。また、23はサスペンションスプリ

ングであり、ショックアブソーバの大径部26の下端部とともに、図示しない車輪に取り付けられている。

【0070】このように構成された車両用サスペンションは、車両のあらゆる走行モードに対し、車体と車輪の間に発生する荷重の変化を金属弾性体の機械的ひずみに変換し、このひずみをガラス層上の抵抗素子で抵抗変化に変換し電気信号として検出できるものである。上記抵抗素子は必要に応じて軸芯を挟んで一對以上設けてもよい。

【0071】図8に電気信号に変換するための一実施例を示しており、固定抵抗器R1にシリーズに接続された抵抗素子R2の接続点の電圧変化をストレンアンプで増幅して出力するものである。この出力の変化を図9に示しており、金属基体の弾性範囲内において荷重と出力は比例関係にあることがわかる。

【0072】

【発明の効果】以上のように本発明のひずみセンサは、高温における焼成により形成された結晶化ガラス材料からなるガラス層を用いているために金属基体の成分とガラス層の成分とがその境界面で相互に拡散し、両者の接合が非常に強固なものとなっている。したがって、前述のような過酷な環境条件下で使用しても、金属基体とガラス層と間で剥離するようなことはない。さらに、前記ガラス層は、その内部に無数の小さな泡を有しているため、その泡が機械的衝撃に対する緩衝材の役割を果す。このため、強い機械的衝撃に対しても耐えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における印刷法を用いたひずみセンサの製造工程図

【図2】本発明の一実施例におけるメッキ法を用いたひずみセンサの製造工程図

【図3】本発明の一実施例における転写法を用いたひずみセンサの製造工程図

【図4】本発明の一実施例におけるひずみセンサの斜視図

【図5】第1の比較例におけるひずみセンサの斜視図

【図6】第2の比較例におけるひずみセンサの斜視図

【図7】本発明のひずみセンサを使用した車両用サスペンションの断面図

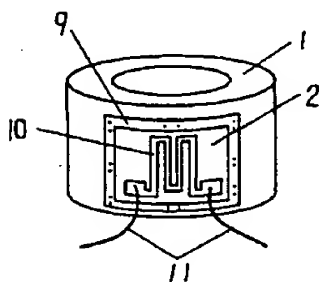
【図8】本発明のひずみセンサを用いて荷重を電気信号に変換するための回路構成図

【図9】本発明のひずみセンサにおける荷重と電気信号の出力との関係図

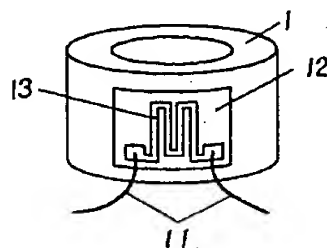
【符号の説明】

- 1 金属基体
- 2 結晶化ガラス層
- 3 電極
- 4 抵抗素子
- 5 触媒層
- 6 メッキマスク層
- 7 メッキ膜
- 8 抵抗素子
- 9 金属基体
- 10 抵抗素子
- 11 リード線

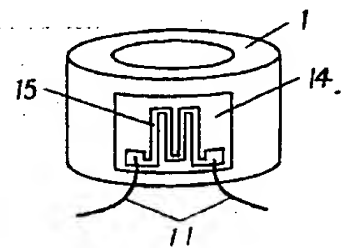
【図4】



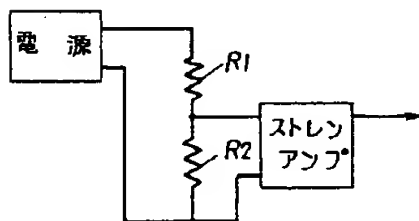
【図5】



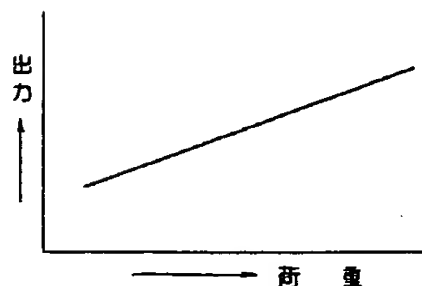
【図6】



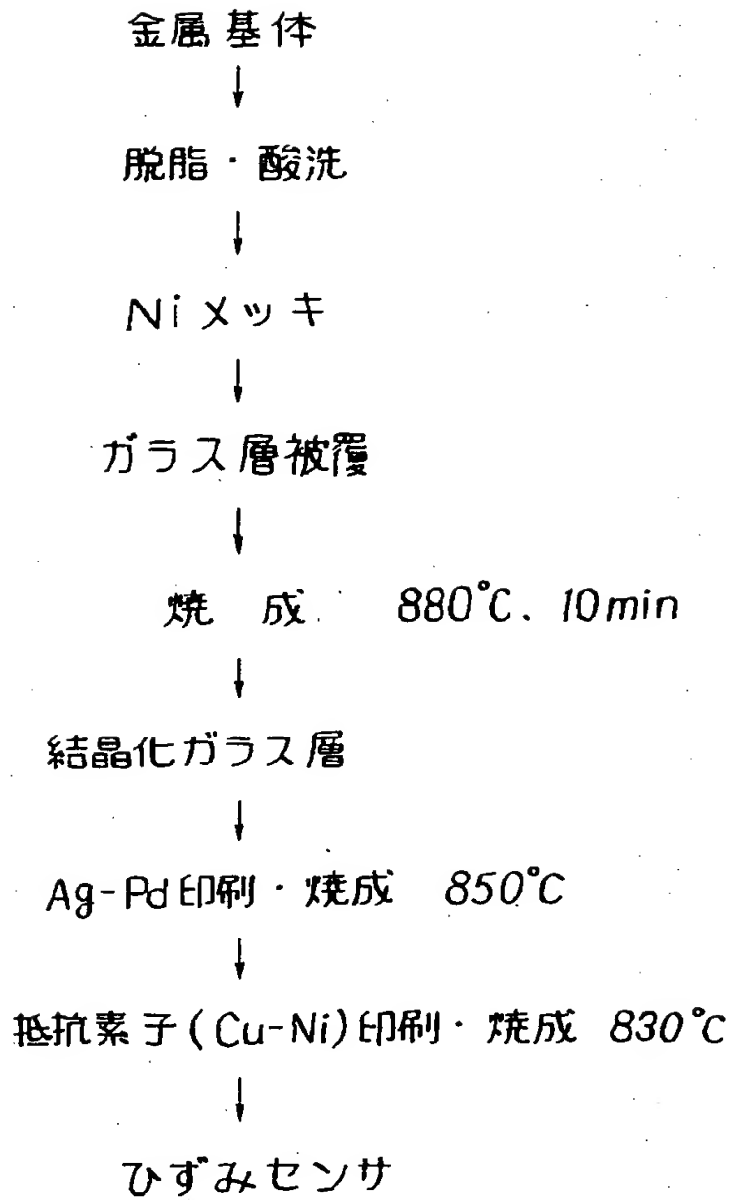
【図8】



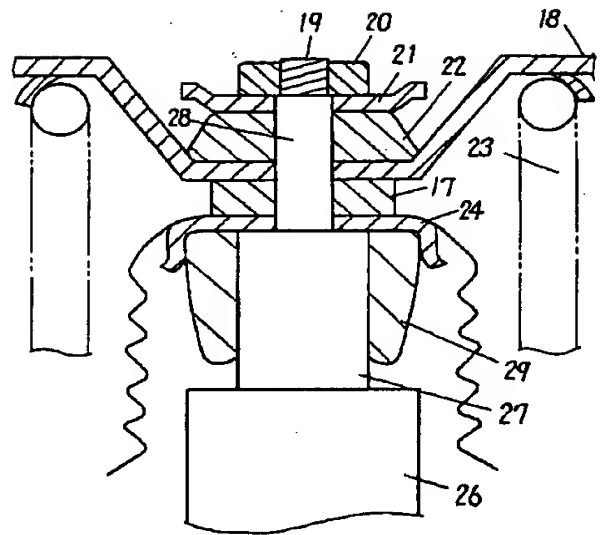
【図9】



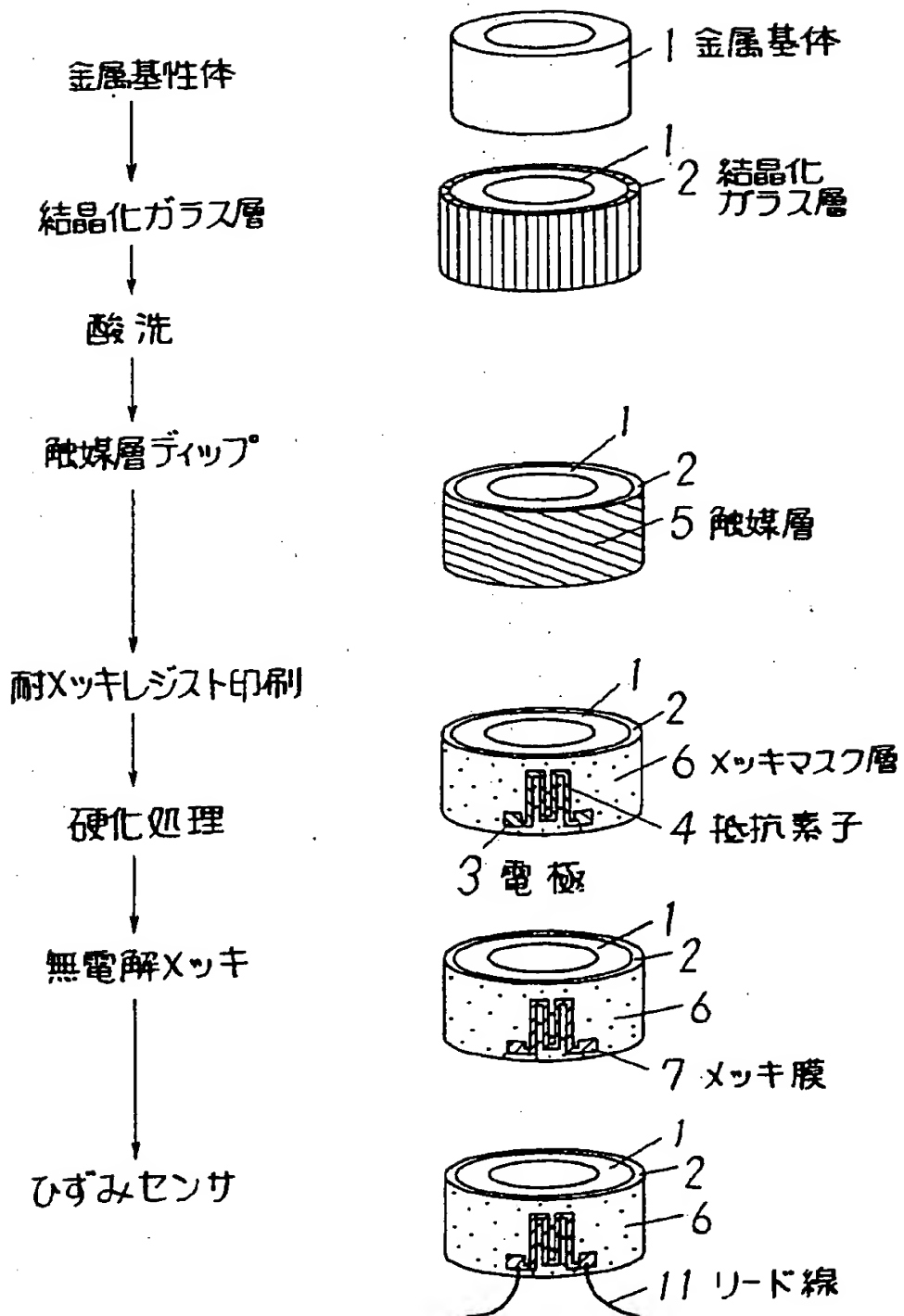
【図1】



【図7】

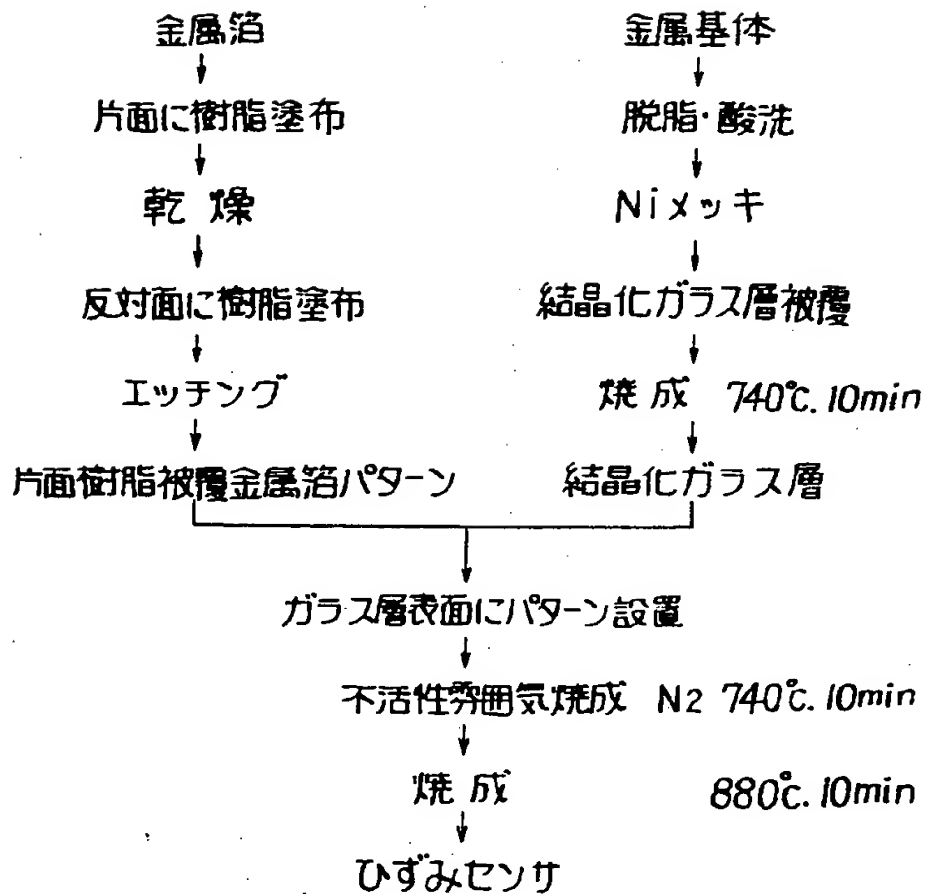


【図2】





【図3】



フロントページの続き

(31) 優先権主張番号 特願平3-199406

(32) 優先日 平3 (1991) 8月8日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(72) 発明者 吉田 昭彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 渡辺 善博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 河村 政博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内